

پetroگرافی و پترولوژی مجموعه پلوتونیک جنوب قروه

اشرف ترکیان*، محمود خلیلی** و علی اصغر سپاهی***

* دانشجوی دوره دکتری دانشگاه اصفهان

** گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان

*** گروه زمین شناسی دانشگاه بوعلی سینا همدان

چکیده

در جنوب قروه در ۸۰ کیلومتری شمال غرب همدان طیفی از سنگهای گرانیتوئیدی و بطور فرعی و کم حجم تر، دیوریتی- گابرویی در ۴۰-۳۸ میلیون سال پیش در طی فعالیتهای کوهزایی لارامید، در سنگهای دگرگونی ناحیه ای مزوزوئیک، نفوذ کرده است. مجموعه پلوتونیک قروه، به سبب تکتونیک فعال بعد از جایگیری به صورت یک برش ماگمایی در آورده است. کانیهای شاخص و فرعی در ترکیب مودال، طیف ترکیبی و تیپ سنگهای این مجموعه و نیز برخی ویژگیهای ژئوشیمیایی، آنها را مشابه گرانیتوئیدهای نوع I با ترکیب گرانیتوئیدهای متآلومین تا کمی پرآلکالن نموده است. این مجموعه در رژیم تکتونیک قوس های آتشفشانی مرتبط با حاشیه فعال قاره ای بوجود آمده است. تصویر عناصر اصلی و کمیاب نمونه سنگها در نمودارهای هارکر نشان می دهد که بین فازهای مافیک و اسیدی در فاصله سیلیس ۶۸-۵۹ (در صد وزنی) شکاف مشخصی وجود دارد. این فاصله ترکیبی بر متفاوت بودن منشا آنها دلالت می نماید. با تکیه بر داده های ژئوشیمیایی و روابط صحرایی منبع ماگمای مافیک بایستی ماگمایی مشتق از گوشته باشد. این ماگما از عناصر Sr, Rb, Ba و Nb غنی است. متعاقب نفوذ ماگمای والد سنگهای اسیدی، در گابروهای منجمد شده قبلی، تبادلات متاسوماتیکی صورت گرفته است. این تبادلات از طریق مهاجرت فاز سیال و یا ماگمای فلسیک بوقوع پیوسته و موجبات تشکیل کانیهای جدید را فراهم آورده است.

واژه های کلیدی: ماگماتیسیم، گرانیتوئید، انکلاوهای ریز دانه، گوشته، پوسته، پهنه سنندج - سیرجان، قروه.

Petrography and Petrology of the Plutonic Complex of the South of Qorveh

A.Torkian^{*}, M.Khalili^{} and A.A.Sepahi Garro^{***}**
^{*}Ph.d. student The University of Isfahan
^{**}Geology Department, The University of Isfahan
^{***}Geology Department, University of Boo Ali Sina

Abstract

The Qorveh Plutonic Complex (QPC) is in Sanandaj-Sirjan Zone (SSZ), that is located in south of Qorveh about 80 km in NW Hamadan, between 47° 42' and 48° E-longitude and between 34° 50' and 35° 10' N-latitude. Due to post-emplacment tectonism QPC is a multi-pulse structure, containing a large variety of rocks. Three main units have been identified within the QPC based on field observations and mineralogical and geochemical characteristics. Mafic intrusions consist of gabbro-diorites, followed by felsic units that include granitoids and aplites. The QPC lies within the SSZ and emplaced during Eocene-Oligocene times. Microgranular mafic enclaves (MME) and amphibole-rich clots (ARC) are in the QPC. It is composed mainly of metaluminous with I-type affinity and had occurred in volcanic arc to an active continental margin setting. Harker variation diagrams show compositional gap between 59 to 68 wt% SiO₂ contents and different units derived from a different sources. The combinations of field, petrographic and geochemical data show mafic units derived from mantle source that were enriched by Nb, Rb, Sr, Ba by hyrous fluids and/or melts through crustal contamination.

Keywords: Magmatism, calc-alkaline, crustal, mantle, granitoid, Sanandaj-Sirjan Zone, Qorveh

بوده است (ولی زاده و کانتاگرل، ۱۹۷۵؛ بربریان و بربریان، ۱۹۸۱، احمدی خلجی و همکاران، ۲۰۰۷؛ ترکیان، ۱۳۷۸؛ ولی زاده و ترکیان، ۱۳۷۸؛ سپاهی گرو، ۱۳۷۸؛ قلمقاش، ۱۳۸۱ و غیره). منطقه مورد مطالعه که مجموعه پلوتونیک جنوب قروه^۱ را در خود جای داده است جزئی از این پهنه محسوب می گردد.

بررسی پیشینه مطالعات صورت گرفته در این منطقه نشان می دهد که زمین شناسی منطقه از دیدگاههای مختلف (دگرگونی: بلورچی، ۱۳۴۶؛ حریری، ۱۳۷۴؛ حلمی و حسینی، ۱۳۷۶؛ آذرین: عمیدی، ۱۳۴۵؛ سنگ قلعه، ۱۳۷۴ و چینه شناسی: زاهدی، ۱۳۶۹؛ بلون و برود، ۱۹۷۵؛ حسینی، ۱۳۷۶) مورد بررسی بوده است. در این زمینه عمیدی (۱۳۴۶) توده های اصلی منطقه را با نامهای گرانیات عزیز آباد و مشیر آباد معرفی می کند.

مقدمه

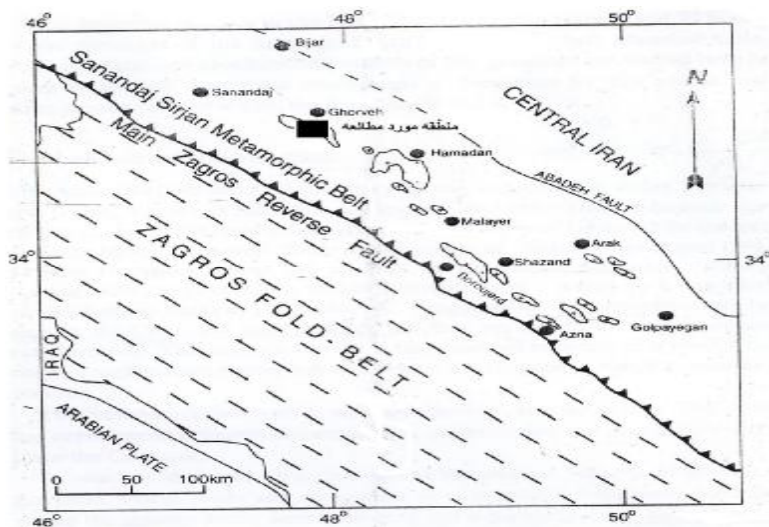
پهنه دگرگونی - ماگمایی سنندج - سیرجان (اشتوکلین، ۱۹۶۸؛ نبوی، ۱۳۵۵) یکی از پهنه های مهم تکتونیک کوهزاد زاگرس می باشد که حاصل فرورانش و برخورد صفحه عربی و خرده قاره ایران مرکزی در زمان کرتاسه پایانی تا ترشیری (بربریان و کینگ، ۱۹۸۱؛ سنگور، ۱۹۸۴؛ ریکو، ۱۹۹۴؛ سنگور و ناتالین، ۱۹۹۶؛ محجل و فرگوسن، ۲۰۰۰ و محجل و همکاران، ۲۰۰۳) است.

جایگیری مجموعه های پلوتونیک زنجیره ای متعدد (اراک، بروجرد، گلپایگان، سامن، الوند، قروه و غیره) با ترکیب متغیری از اسیدی تا مافیک، از ویژگیهای برجسته این پهنه به شمار می آید. مطالعه این مجموعه ها، به سبب اهمیتی که در درک تکامل ژئودینامیک پوسته ایران زمین دارند، مورد توجه بسیاری از زمین شناسان

¹ - Qorveh Plutonic Complex

مشاهدات صحرایی، مطالعات پتروگرافی و داده‌های ژئوشیمیایی، به روابط ژنتیک فازهای گوناگون مجموعه پلوتونیک جنوب قروه می‌پردازد و با اتکا بر داده‌های حاصل، سرشت ماگمای مولد و فرایندهای تاثیر گذار بر آن را به اختصار مورد بحث قرار می‌دهد.

سنگ قلعه (۱۳۷۴) منطقه را به دو محدوده کوهستان با ترکیب گابرو، که در آن تفریق به وقوع پیوسته و حاشیه کوهستان شامل توده های نفوذی گرانیتی توام با سنگهای گابروئی تقسیم کرده است. اما این مجموعه هم چنان نیازمند بررسی های گسترده و دقیق، برپایه داده های ژئوشیمیایی بیشتری می باشد. مقاله حاضر بر پایه



شکل ۱: بخشی از نقشه زمین شناسی ایران که در آن موقعیت پهنه دگرگونی - نفوذی سنندج - سیرجان و مجموعه پلوتونیک زنجیره ای موجود در آن به نمایش گذاشته شده است (اقتباس از محجل و همکاران، ۲۰۰۳). منطقه مورد مطالعه در جنوب قروه بین همدان و سنندج واقع شده است.

و حاصل آن تشکیل مرمر، آمفیبولیت، شیست و فیلیت است (حسینی، ۱۳۷۶). نفوذ این مجموعه، سنگهای دگرگون شده مزوزوئیک را به هورنفلس های سخت و متراکم آمفیبول - اسکاپولیت و بیوتیت دار و اسکارن های آمفیبول دار تبدیل نموده است (درویش زاده، ۱۳۷۰؛ حلمی و حسینی، ۱۳۷۶).

بلون و برود (۱۹۷۵) توده نفوذی گابرو - دیوریت (خرزهره) این باتولیت را، به روش آرگون - پتاسیم سن سنجی نموده‌اند و سن آنرا ۴۰-۳۸ میلیون

زمین شناسی منطقه

مجموعه پلوتونیک جنوب قروه یکی از مجموعه های پلوتونیک زنجیره ای در پهنه سنندج - سیرجان است که مانند یک باتولیت بیضی شکل از شمال غرب به جنوب شرق کشیده شده است. اصلی ترین رخداد کوهزایی منطقه ی تحت پوشش این پژوهش مربوط به کوهزایی کیمبرین میانی می باشد که سبب دگرگونی سنگهای رسوبی - آتشفشانی (تریاس - ژوراسیک) گردیده

بعلاوه توزیع و پراکندگی سنگهای اسیدی ممکن است گویای بیشتر بودن حجم ماگمای فلسیک باشد که فقط بخشی از آن رخنمون پیدا کرده است. فازهای این مجموعه پلوتونیک عبارتند از:

الف) فازهای مافیک - حدواسط

ب) فازهای اسیدی

فازهای مافیک - حدواسط مشتمل بر گابروها، دیوریتها، مونزودیوریتها و انکلاوهای ریز دانه مافیک می باشد. روابط صحرائی بین آنها نشان می دهد که مرز بین این واحدهای سنگی تیز و مشخص است و فاقد هرگونه منطقه واکنشی و تدریجی می باشد. گسترش صحرائی توده ها متفاوت است. این واحدها به صورت استوک و نفوذی های کم حجمتر (مانند گابروها، دیوریتها و مونزودیوریتها) و یا به شکل دایکهای مافیک (خارج از بحث این پژوهش) رخنمون دارند. انکلاوهای دیوریتی ریز دانه که در زیر مجموعه فازهای مافیک - حدواسط طبقه بندی شده اند، در پیرامون نفوذی های دیوریتی و مونزودیوریتی فراوان ترند و با دور شدن از این واحدها، از فراوانی آنها کاسته می شود.

فازهای اسیدی - شامل یک توده نفوذی گرانیتوئیدی کشیده و طویل، در بخش جنوبی فازهای مافیک - حد واسط، آپوفیزها و دایکهای آپلیتی متعددی است که فازهای متقدم را مورد هجوم قرار داده و در آنها نفوذ کرده است. نفوذی های اخیر محصول مرحله نهایی فعالیت های ماگمایی می باشد.

سال برآورد کرده اند. با توجه به سن مطلق این توده، قطع شدن سنگهای رسوبی - آتشفشانی ژوراسیک پایانی - کرتاسه آغازی توسط نفوذی های این مجموعه و وجود قطعات حاصل از فرسایش این توده ها در کنگلومرای قاعده میوسن (درویش زاده، ۱۳۷۰)، سن این مجموعه پلوتونیک ائوسن پایانی - اولیگوسن قلمداد می گردد.

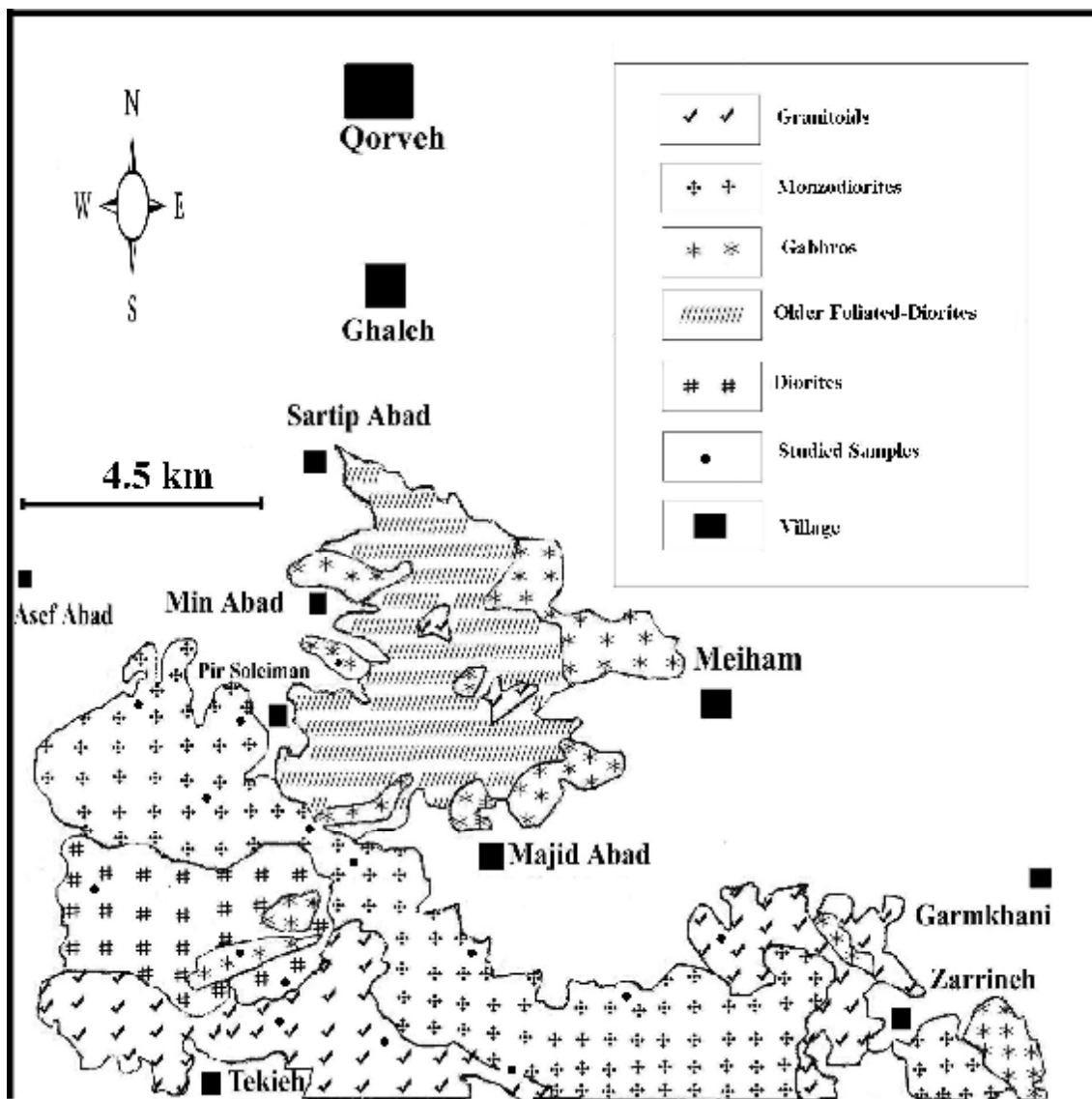
گستره مورد مطالعه در جنوب شهرستان قروه با گستره ای به مختصات جغرافیایی $42^{\circ} 47'$ تا 48° طول شرقی و $34^{\circ} 50'$ تا $35^{\circ} 10'$ عرض شمالی قرار دارد (شکل ۲). تکتونیک فعال این منطقه موجب ایجاد درزه ها و گسل های متعدد در این پلوتونیک بزرگ گردیده است.

روابط صحرائی

مجموعه پلوتونیک قروه با ابعاد ۲۰ کیلومتر در ۶۰ کیلومتر، از سرنجانه تا کلالی امتداد دارد. این باتولیت به سبب تکتونیک فعال بعد از جایگیری بصورت یک برش ماگمایی در آمده است که فاز های مختلف اسیدی تا بازیک را بنمایش می گذارد و در بردارنده طیف وسیعی از توده های گرانیتی، مونزودیوریتی، دیوریتی و گابروئی است. مشاهدات و روابط صحرائی دلالت بر آن دارد که این مجموعه شاید یک پلوتونیسیم منطقه ای (زونینگ) ناقص را ایجاد نموده است که هسته آن را سنگ های مافیک و بخش حاشیه ای را سنگ های فلسیک (گرانیتوئیدها) تشکیل می دهد (شکل ۲).

نمی‌باشد. در فاصله چند کیلومتری از توده گرانیتوئیدی، توده آلکالی گرانیت عزیزآباد (عمیدی، ۱۳۴۵) رخنمون دارد که خارج از منطقه تحت پوشش این پژوهش می‌باشد.

این فاز مشتمل بر گرانیت، گرانودیوریت، مونزوگرانیت و به مقدار کمتر آلکالی گرانیت می‌باشد. تفکیک مرز بین واحدهای مختلف این فاز و ترسیم آنها به صورت واحدهای سنگی مجزا در نقشه میسر



شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی ساده شده مجموعه پلوتونیک قروه (با تغییر و اقتباس از حسینی، ۱۳۷۶). دایره‌های سیاه رنگ محل نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

برداشت شده و با هدف مطالعات پتروگرافی از آنها مقطع نازک تهیه گردیده است.

روش مطالعه

برای انجام این تحقیق، از فازهای نفوذی اسیدی و بازیک و انکلاوهای موجود، در مجموع ۸۴ نمونه

میرمکیت در فلدسپارهای قلیائی مجاور پلاژیوکلازها مشاهده می‌شود. دیوریتها در نمونه دستی به رنگ سبز تا سبز مایل به خاکستری با ساخت گرانولار تا پورفیریک یافت می‌شوند. بلورهای کشیده و شکل دار (اتومورف) پلاژیوکلاز تنها بلورهای درشت این سنگهاست که با کانیهای ریزتر پلاژیوکلاز، هورنبلند، ارتوز و کمی کوارتز همراهی می‌گردند. بخش دیگری از سنگهای حد واسط، مونزودیوریتها هستند که از ساخت و بافت دانه ای برخوردارند و ترکیب کانی شناسی آنها متشکل از پلاژیوکلاز و آمفیبول می‌باشد.

مقدار فلدسپارهای قلیائی و کوارتز در این سنگها متغیر بوده و به همین سبب تیپ های مختلف سنگی را از مونزونیت، کوارتز مونزونیت و کوارتز-هورنبلند-مونزودیوریت بوجود آورده است. تفکیک محدوده‌های این سنگها در صحرا امکان پذیر نگردید. مهم‌ترین کانی مافیک مونزودیوریتها، هورنبلند سبز می‌باشد که گاهی تا ۳۰٪ حجم کل سنگ را به خود اختصاص می‌دهد.

اسفن، مهم‌ترین کانی فرعی، بصورت تمام شکل دار و گرد و آپاتیت، مگنتیت، ایلمینیت نیز کانیهای جزئی هستند. پلاژیوکلازهای درشت بلور دارای بافت منطقه-ای (زونینگ) هستند. فلدسپارهای قلیائی که بصورت بین بلوری ظاهر شده‌اند و به‌مراه کوارتز به شکل میرمکیت در آمده‌اند.

سنگ‌های اسیدی: سنگ‌های اسیدی یا گرانیتوئیدها هم بصورت توده‌های بزرگ در جنوب منطقه و هم به

تعداد ۱۸ نمونه سنگ‌های مختلف جهت شناسایی ترکیب شیمیایی سنگ کل، از مجید آباد، میهم، زرینه، شیروانه، مین آباد و پیر سلیمان، تکیه (محل انتخاب نمونه‌ها در شکل (۲) با دایره‌های سیاه رنگ مشخص شده است) انتخاب گردیده و به روش XRF با دستگاه فیلیپس PW2400 در شرکت کانساران طیف بینالود (ایران، مشهد) مورد تجزیه قرار گرفته‌اند. نتایج داده‌های اکسیدهای اصلی و کمیاب حاصل از تجزیه سنگ کل در جدول (۱) آمده است.

پتروگرافی

سنگ‌های پلوتونیک مافیک - حدواسط: سنگ‌های پلوتونیک مافیک - حد واسط منطقه شامل گابروها، گابرو - دیوریتها، مونزودیوریتها و انکلاوهای ریز دانه مافیک می‌باشد. ترکیب کانی شناسی گابروها متغیر است و آنها شامل اولیوین گابرو (شکل ۳)، گابرو نوریت، هورنبلند گابرو و بیوتیت گابرو هستند. بافت آنها بیشتر پوئی کلیتیک تا گرانولار با دانه بندی نیمه شکل دار تا تمام شکل دار و دارای ساخت گرانولار می‌باشند.

کانی‌های عمده و تشکیل دهنده سنگ‌ها شامل پلاژیوکلازهای کلسیک، کلینوپروکسن نوع اوژیت - تیتانواوژیت، ارتوپروکسن‌های هیپرستنی و هورنبلند، اولیوین و بیوتیت کانی‌های فرعی مهم آن محسوب می‌شوند. ایلمینیت، مگنتیت و تیتانومگنتیت بصورت کانی جزئی، این کانیها را همراهی می‌کنند. گاهی بافت

غرب پیر سلیمان این رگه‌ها از تمرکز بیشتری برخوردارند. آنها دارای بافت و ترکیب کانی شناسی ساده‌ای هستند. این رگه‌ها از کانی‌های مافیک فقیر و از لحاظ داشتن کانی‌های فرعی نظیر اسفن، زیرکن، آلانیت غنی می‌باشند.

انکلاوهای ریز دانه ماگمایی^۱ و بسته‌های (ادخال‌های) غنی از آمفیبول^۲

در منطقه مورد مطالعه هر یک از فازها و محل کتاکت شان با یکدیگر و با سنگهای در بر گیرنده و نیز حاشیه و مرکز توده‌های نفوذی (فازها) بخوبی بررسی و نمونه گیری شده است که در آنها انکلاوهای ریز دانه مافیک (باربارن، ۲۰۰۵؛ ماس و همکاران، ۱۹۹۷؛ پولی و توماسینی، ۱۹۹۱؛ زورپی و کولن، ۱۹۹۱ و دیدیه، ۱۹۷۳) و بسته‌های غنی از آمفیبول، سیال و همکاران، ۱۹۹۸) شناسایی و تشخیص داده شده‌اند.

به وجود انکلاوهای ریز دانه مافیک و بسته‌های غنی از آمفیبول که در هیچیک از گزارشات قبلی (حریری، ۱۳۷۴؛ سنگ قلعه، ۱۳۷۴؛ حسینی، ۱۳۷۶) به آنها اشاره نشده است، در منطقه مورد مطالعه بویژه در مونزودیوریت‌ها کاملاً محرز می‌باشد. بر اساس مطالعات میکروسکپی این انکلاو منشا آذرین دارند.

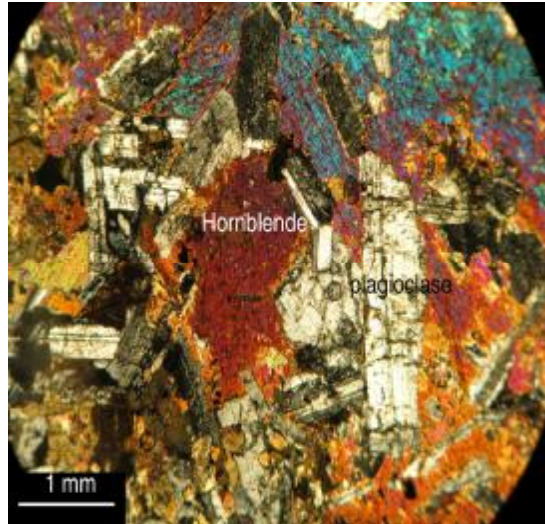
صورت آپوفیزهایی در شمال منطقه پراکنندگی نشان می‌دهند. آنها شامل گرانودیوریت، مونزوگرانیت و به مقدار کمتر آلکالی گرانیت می‌باشد. گرانیتوئیدها با حضور کانی‌های پلاژیوکلاز، فلدسپارهای قلیائی و کوارتز و کانی‌های فرعی با نسبت‌های متغیر، هورنبلند (بیشتر) و بیوتیت (کمتر) و کانی‌های جزئی زیرکن، اسفن، آپاتیت، آلانیت و کانی‌های اوپاک شناسائی می‌شوند. ساخت در آنها گرانولار تا پورفیروئید است (شکل ۴). گرانیتوئیدها دارای دانه‌بندی متوسط و در صد فراوانی کانی‌های مافیک، بسیار کم است، حداکثر فراوانی آنها حدود ۵٪ است. پلاژیوکلازها با اختصاص ۱۰-۳۰٪ کانی‌های اصلی به خود، به صورت بلورهای کشیده و شکل دار، از منطقه بندی عادی برخوردارند. اندازه بلورها گاهی تا ۱/۶ میلی متر نیز می‌رسد.

با توجه مقدار زاویه خاموشی، ترکیب آنها در محدوده پلاژیوکلازهای آندزین - لابرادور و در نمونه‌های غنی از سدیم اولیگوکلاز - آندزین می‌باشد. فلدسپارهای قلیائی از نوع ارتوز پرتیتی و میکروکلین است که اندازه آنها به مخصوص در آلکالی گرانیت‌ها به ۲ میلیمتر نیز می‌رسد. گرانیتوئیدها علاوه بر داشتن بافت ساب هدرال گرانولار و پورفیروئیدی، با بافتهای راپاکیوی نیز ظاهر شده‌اند.

آپلیتها، آخرین فاز نفوذ ماگما محسوب می‌شوند که به صورت دایک و سیل در درون فازهای پیش از خود نفوذ کرده‌اند. در شمال و جنوب مجید آباد و جنوب

^۱ - MME

^۲ - Amphibole-rich clots



شکل ۳- تصویر میکروسکوپی هورنبلند - گابرو دارای بافت پوئی کلتیک.



شکل ۴- تصویر میکروسکوپی از گرانیت در مجموعه پلوتونیک قروه.

ریزدانه و نیز حاشیه های سریع انجماد یافته^۱ که در اطراف برخی از انکلاوها مشاهده می شود، تنها با تبلور در حالت ماگما سازگار است. ترکیب سنگ شناسی انکلاوها ملا دیوریت و دیوریت است. اندازه بیشتر انکلاوها، که بر اساس حداکثر بعد رخنمون یافته قضاوت

بعلاوه به ترتیب، بعلت نبود بافت های دگرگونی و کومولیتی ریز دانه، آنها زینولیت و یا اتولیت نیز نمی باشند. شواهد پتروگرافی مانند بلورهای کشیده و شکل دار پلاژیوکلاز و هورنبلند (دیدیه و باربارن، ۱۹۹۱)، ساخت منطقه ای عادی پلاژیوکلاز های فنوکریست و

¹ - chilled margin

نیز مشاهده شده که مورفولوژی آنها شاید توسط درزه‌ها کنترل گردیده است.

می‌گردد، از چند سانتی‌متر تا چند دسی‌متر در نوسان است (شکل ۵). شکل آنها مدور و یا طویل و کشیده است. در عین حال انکلاوهای کاملاً نامنظم و زاویه داری



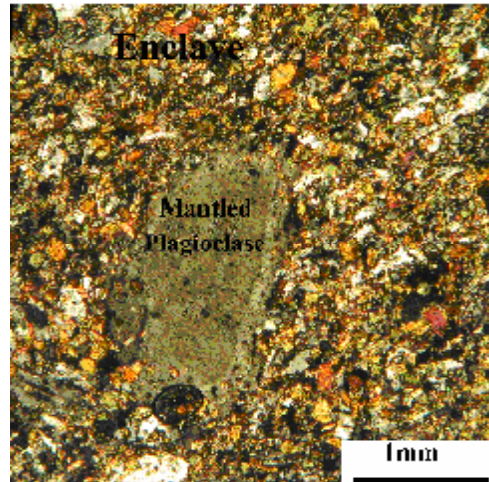
شکل ۵- انکلاوهای ریز دانه مافیک (بخشهای تیره) در گرانیتوئید میزبان (بخشهای روشن).

ویژگی‌هایی که به آنها اشاره گردید حاکی از آن است که آنها محصول انجماد سریع ماگمای مافیک در ماگما میزبان می‌باشند، لذا شاید مجموعه پلوتونیک قروه حداقل یک اختلاط ساده مکانیکی (آمیختگی) (وایلی، ۱۹۸۴) پشت سر گذاشته است.

البته دور از انتظار نخواهد بود که به سبب همجواری ماگمای مافیک با ماگمای فلسیک انکلاوهای ریز دانه کمابیش تحت تاثیر یک فاز سیال و یا یک ماگمای فلسیک، از تبادلات متاسوماتیکی نیز متاثر شده باشد. تشکیل نوارهای فلسیک اطراف پلاژیوکلازها ممکن است به این دلیل شکل گرفته باشد (دیدیه، ۱۹۷۳).

انکلاوهای مافیک دارای بافت ریز دانه (میکروگرانولار) و گاهی نیز پورفیریک می‌باشند. در انکلاوهای ریز دانه پورفیریک پلاژیوکلازهای زونه و هورنبلند به صورت درشت بلور ظاهر می‌شوند (شکل ۶). این پلاژیوکلازها در پیرامون خود دارای نواری با ترکیب فلدسپاتهای سدیک تر و یا فلدسپات‌های قلیایی هستند.

انکلاوهای ریز دانه تیره تر که از هورنبلند غنی‌ترند، توسط سنگ‌های میزبان مافیک‌تر در برگرفته شده‌اند. همان‌طوری که مشاهدات صحرایی و پتروگرافی نشان می‌دهند انکلاوها دارای طیف سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی محدودی هستند و تنوع زیادی ندارند.



شکل ۶- تصویر میکروسکوپی انکلاو ریز دانه با زینوکریستی از پلاژیوکلاز که دارای نواری از فلدسپات قلیائی است.

ترکیب کانی شناسی آمفیبول بسته های سایر انکلاوها، بی شتر هورنبلند است. اندازه بلورها بین ۰/۵ تا ۱/۵ میلیمتر متغیر است و بافت آنها پوئی کلیتیک یا گرانولار است. بر اساس شواهد پتروگرافی و صحرایی تصور می شود بسته های غنی از آمفیبول قطعاتی از آمیختگی^۱ ماگماهای مافیک و فلسیک باشد (کاسترو و استفان، ۱۹۹۲).

البته اثبات این فرضیه نیازمند داده های ژئوشیمیایی بیشتری است (مقاله "بسته های غنی از آمفیبول در گرانیتوئید جنوب قروه" در دست تهیه).

داده های ژئوشیمیایی

یکی از مناسبترین راهها برای تفسیر پتروژنتیکی توده های نفوذی و یافتن ارتباط بین آنها، استفاده از داده های ژئوشیمیایی و بررسی تغییرات و نسبت های

نوع خاصی از انکلاوهای منطقه مورد مطالعه، تجمعاتی از بلورهای آمفیبول است که برای نامگذاری این تیپ از انکلاوها در این مقاله، از اصطلاح بسته های غنی از آمفیبول کاسترو و استفان، ۱۹۹۲؛ سیال و همکاران (۱۹۹۸) استفاده شده است. بسته های غنی از آمفیبول در بسیاری از انکلاوهای ریز دانه مافیک و نیز در سنگهای میزبان وجود دارند. فراوانی این بسته ها در انکلاوهای موجود در گرانیتوئیدها (گرانیتها - گرانودیوریتها) بیشتر است.

بررسی های دقیق ویژگی های میکروسکوپی و خواص بلور شناسی نوری این بسته ها گویای آن است که ترکیب کانی شناسی آنها در نمونه های مختلف متغیر می باشد، بطوری که در انکلاوهای اخیرالذکر، شاخص های بلورشناسی آنها، با ترکیب اکتینولیت یا هورنبلند اکتینولیتی مطابقت بیشتری دارد.

¹ - mingling

۱۹۸۴ و باربارن، ۱۹۹۱) هستند. پایین بودن ضریب اشباعی آلومین (کمتر از ۱) سبب غایب بودن کانی‌های سرشار از آلومینیم نظیر مسکوویت، کردیریت و آلومینوسیلیکات‌ها گردیده است. نمودار مولی A/NK در مقابل A/CNK مولی (شکل ۸) وابستگی این مجموعه را با گروه‌های سنگی متاآلمین تا کمی اشباع از آلکالن تایید می‌کند.

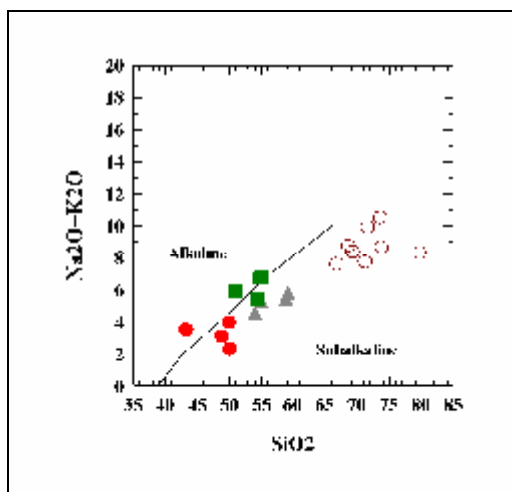
عناصر اصلی و کمیاب است. با تصویر نمونه‌ها در نمودار مجموع آلکالیا در مقابل SiO₂ مشاهده می‌شود که آنها در زیر مرز جدایش آلکالن - ساب آلکالن (ایروین و باراگار، ۱۹۷۱) واقع شده‌اند (شکل ۷).
نتایج پتروگرافی و داده‌های ژئوشیمیایی سنگ‌ها نشان می‌دهد که آنها مشابه گرانیتوئیدهای نوع I (چاپل و وایت، ۱۹۷۴، کالینز و همکاران، ۱۹۸۲؛ بودن و همکاران،

جدول ۱ - نتایج تجزیه شیمیایی عناصر اصلی و کمیاب سنگ‌های مختلف مجموعه پلوتونیک قروه.

	گرانیتوئید	گرانیتوئید	گرانیتوئید	گرانیتوئید	گرانیتوئید	گرانیتوئید	گرانیتوئید	گرانیتوئید	دیوریت	دیوریت
SiO ₂ (wt%)	71.28	73.67	71.49	66.68	79.60	68.44	69.23	73.50	54.88	59.19
TiO ₂	0.49	0.42	0.33	0.79	0.06	0.92	0.66	0.21	1.43	1.09
Al ₂ O ₃	12.66	10.87	12.81	13.31	10.06	12.19	12.72	12.43	13.93	12.74
*Fe ₂ O ₃	3.99	3.45	3.28	6.02	0.95	5.09	4.03	2.03	9.66	9.10
MgO	0.78	0.37	0.26	1.06	0.01	0.79	1.03	0.05	4.04	3.44
MnO	0.04	0.05	0.05	0.08	0.01	0.08	0.07	0.03	0.14	0.13
CaO	2.53	2.14	1.24	3.82	0.58	2.97	3.11	0.92	8.40	6.95
Na ₂ O	3.56	3.66	3.70	4.04	3.22	3.61	4.05	4.19	3.54	4.08
K ₂ O	4.10	4.98	6.23	3.50	5.05	5.04	4.26	6.27	1.73	1.96
P ₂ O ₅	0.11	0.09	0.06	0.24	0.01	0.26	0.27	0.05	0.25	0.18
LOI	0.45	0.31	0.55	0.47	0.46	0.61	0.57	0.32	1.99	1.16
Ba(ppm)	458	443	786	283	31	645	429	380	281	228
Nb	20	20	15	19	37	21	9	20	12	12
Ce	17	45	39	45	9	60	60	52	33	74
Cl	244	247	93	369	-	763	480	495	159	370
Cr	-	-	-	-	-	17	-	-	60	59
Mo	-	-	-	-	-	1	-	-	4	5
U	4	1	6	2	8	5	7	6	5	1
Co	5	6	2	4	2	5	5	2	16	18
Cu	8	6	-	14	2	6	10	-	14	36
Th	13	12	10	8	37	11	15	16	7	-
Ni	7	4	8	-	3	10	6	7	81	30
W	-	-	9	1	2	1	-	14	9	-
Pb	12	18	18	10	21	17	11	19	5	13
Sr	135	99	81	187	16	129	132	46	264	187
Y	21	27	25	21	37	31	24	30	17	20
Zr	295	215	223	389	108	329	254	277	144	165
Rb	101	121	139	84	183	103	107	157	51	64
V	38	33	28	54	21	58	55	25	144	114
Zn	91	40	48	56	25	89	47	53	66	76

ادامه جدول ۱:

نمونه ها	دیوریت	گابرو	گابرو	گابرو	انکلاو	انکلاو	انکلاو
SiO ₂ (wt%)	58.83	49.86	48.86	43.35	54.45	50.99	54.93
TiO ₂	1.71	1.48	1.31	1.89	1.11	1.04	1.34
Al ₂ O ₃	14.47	13.41	13.84	16.84	14.33	13.35	12.88
*Fe ₂ O ₃	2.73	11.69	11.43	13.82	9.47	14.10	11.37
MgO	3.02	6.51	8.44	5.45	4.49	4.43	3.65
MnO	0.06	0.15	0.17	0.19	0.18	0.16	0.21
CaO	13.32	10.82	11.47	14.22	9.66	8.46	7.92
Na ₂ O	4.97	2.63	1.85	3.09	3.85	3.56	3.21
K ₂ O	0.39	1.24	1.18	0.34	1.45	2.24	3.48
P ₂ O ₅	0.12	0.26	0.25	0.33	0.19	0.17	0.21
LOI	0.38	1.95	1.21	0.30	0.83	1.47	0.77
Ba(ppm)		136	66	246	80	334	561
Nb	82	4	4	5	14	2	13
Ce	10	5	43	54	70	-	28
Cl	76	936	796	194	292	549	639
Cr	316	121	141	115	98	98	62
Mo	7	8	4	9	5	7	5
U	4	1	1	1	1	5	6
Co	14	23	22	22	14	21	22
Cu	5	55	30	52	42	20	11
Th	12	3	-	-	-	-	2
Ni	-	94	104	27	46	43	31
W	5	2	-	-	-	-	-
Pb	-	3	8	3	9	10	5
Sr	6	204	187	294	175	176	173
Y	311	17	15	12	21	20	23
Zr	15	84	65	35	104	112	155
Rb	150	47	39	7	59	80	90
V	13	160	140	181	119	148	145
Zn	87	59	62	78	76	83	90



شکل ۷ - نمودار $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O} / \text{SiO}_2$. سنگ‌های این مجموعه در قلمرو ساب آلكالین قرار می‌گیرند. تعدادی از نمونه‌ها که در محدوده الكالین هستند، سنگ‌های مافیکی می‌باشند که تحت تاثیر متاسوماتیسم پتاسیک واقع شده‌اند. علائم: دایره‌های خالی، گرانیته‌ها؛ مثلث‌های توپر: مونزودیوریت‌ها؛ مربع‌های توپر: انکلاوها؛ دایره‌های توپر: سنگ‌های مافیک - سنگ‌های حد واسط. تغییرات اکسیدهای اصلی در مقابل مقدار SiO_2

(نمودارهای هارکر) نتایج زیر را در بر دارد (شکل ۹).

بطور فراگیر و عادی در آنها مشاهده می‌شود (تارنی و ساندرز، ۱۹۹۸). تغییرات فراوانی Na_2O با روند افزایشی SiO_2 مطابقت ندارد. این ناهماهنگی ممکن است به سبب تمرکز و فراوانی کاملاً متفاوت و متضاد بین سنگ‌های مافیک و فلسیک و نیز تحرک زیاد این عنصر باشد (واتسون و جورویسز، ۱۹۸۴ و دلموس، ۱۹۹۶).

همان طوری که نمودارها نشان می‌دهند اختلاف بارزی در ترکیب شیمیایی سنگ‌های مافیک و اسیدی‌ها وجود دارد. تجمع خوشه‌ای سنگ‌های اخیر در اکثر نمودارها دال بر هم منشأ بودن طیف سنگ‌های گرانیته‌ییدی می‌باشد. بعلاوه بین فازهای مافیک و فلسیک شکاف مشخصی در فاصله محتوای سیلیس ۶۸-

۱- فراوانی برخی عناصر (CaO , TiO_2 , Fe_2O_3)

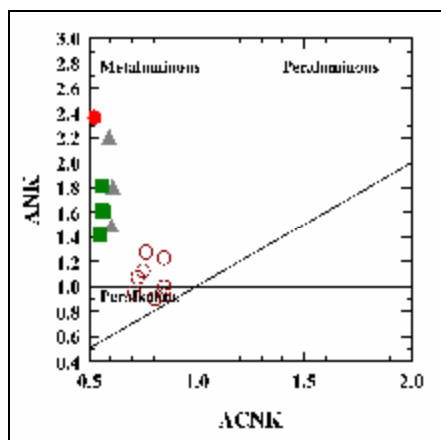
با افزایش مقدار سیلیس کاهش نشان می‌دهند و به اصطلاح از تطابق منفی کلاسیک^۱، (ارسینی و همکاران در دیدیه و باربارن، ۱۹۹۱) برخوردارند. این روند برای Al_2O_3 و برخی عناصر کمیاب Cr , V , Co و تا حدی برای Cu نیز صادق است (شکل ۱۰).

۲- از بین عناصر LILE برای عناصر به شدت

لیتوفیل K_2O , Rb و تا حدی Th روند مثبتی با افزایش مقدار SiO_2 مشاهده می‌شود. Ba , Pb , Nb و Zr نیز افزایش سیستماتیکی را نشان می‌دهند.

¹ - Classic anti- correlation

۵۹ (در صد وزنی) مشاهده می شود. این فاصله (گپ) ترکیبی بر متفاوت بودن منشا آنها دلالت می نماید.



شکل ۸- نمودار $A/CNK-A/NK$ برای سنگهای مجموعه پلوتونیک قروه که نشان دهنده تمرکز نقاط در قلمرو گرانیتوئیدهای متآلومین و تعداد اندکی نیز در قلمرو پرآلکالین قرار دارند تعدادی از نمونه ها که در محدوده پرآلکالین هستند، نمونه هایی می باشند که تحت تاثیر متاسوماتیسم پتاسیک واقع شده اند. علائم: دایره های خال. علائم مشابه شکل ۷ است.

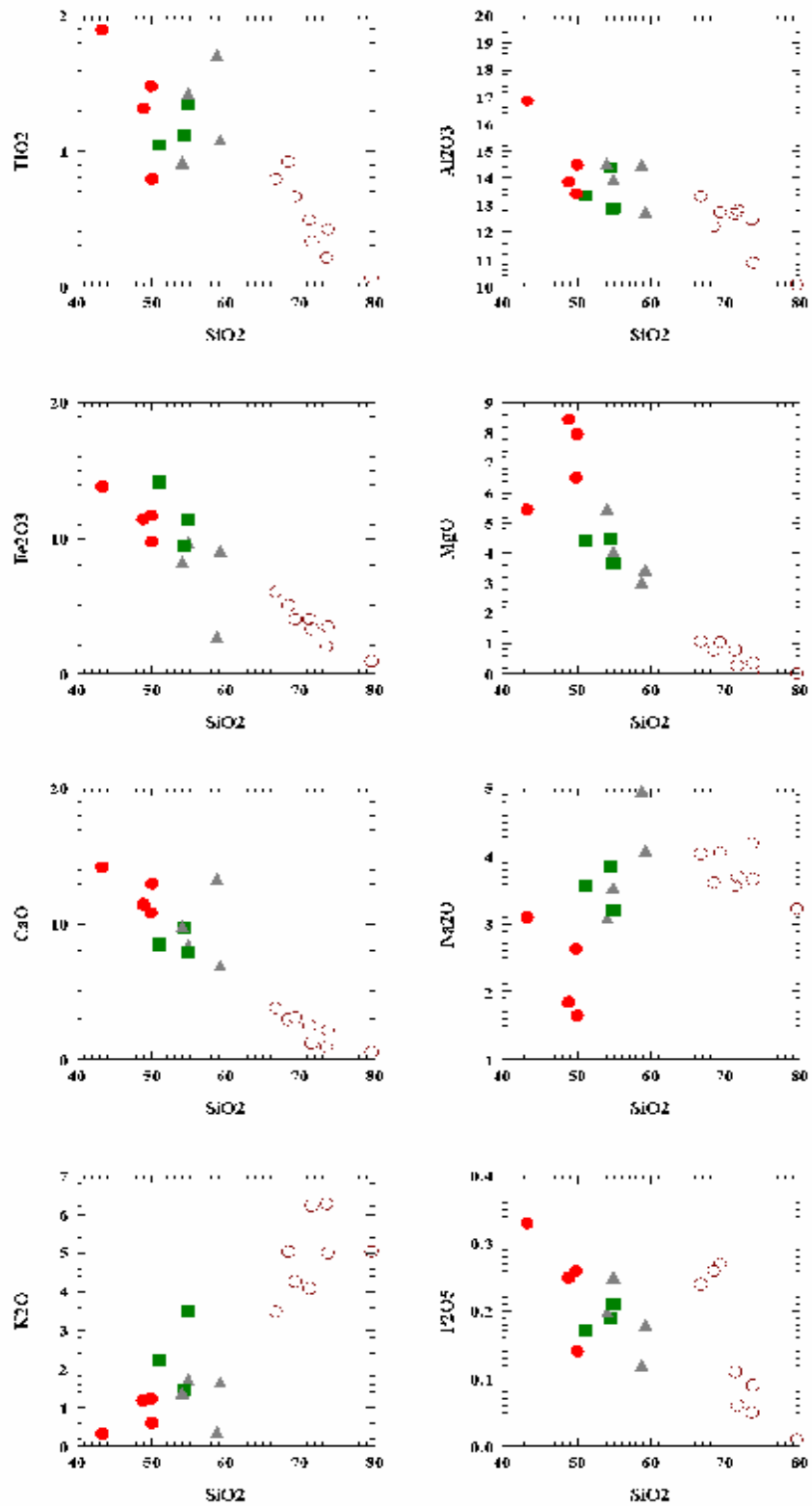
جایگاه تکتونیکی مجموعه پلوتونیک قروه

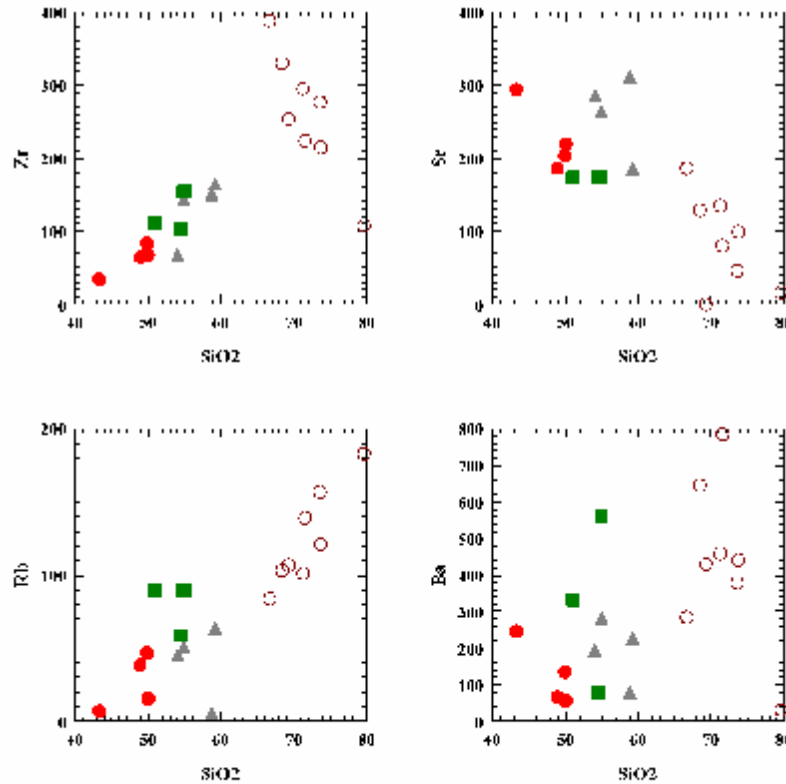
نمودارهای متمایز کننده جایگاه های تکتونیکی، که بر اساس ویژگی های ژئوشیمیایی ماگماها ترسیم می شود (پیرس و همکاران، ۱۹۸۴) برای تعیین جایگاه تکتونیکی توده های نفوذی قروه مورد استفاده قرار گرفته اند. یک بررسی مقدماتی از غلظت عناصر اصلی و مخصوصا Nb, Y Rb و پیدایش طیف گسترده ای از سنگهای اسیدی تا مافیک، ماگماتیسم کالک آلکالین مجموعه پلوتونیک قروه را مشابه با سنگهای قوسهای آتشفشانی مرتبط با فرورانش حاشیه قاره کرده است. اما تمایز ژئوشیمیایی ماگماتیسم مرتبط با قوس آتشفشانی و برخی مثالهای ماگماتیسم پس از برخورد ممکن است همیشه کاملاً روشن نباشد (هاریس و همکاران، ۱۹۹۰).

برای مثال اگر صرفاً از داده های آنالیز عناصر اصلی $FeO^*/(FeO^*+MgO)-SiO_2$, K_2O-SiO_2 و

$Al_2O_3-SiO_2$ و عناصر کمیاب Nb-Y برای تعیین رژیم تکتونیکی استفاده شود، نفوذی های آلپین از نفوذی های فرورانش حاشیه قاره ای فعال آندین، که هر دو از سری- های کالک آلکالین با غنی شدگی LILE هستند، غیر قابل تشخیص خواهند بود (پیرس و همکاران، ۱۹۸۴).

لذا برای تفکیک این دو رژیم تکتونیکی از نمودار Nb/Y استفاده شده و مشاهده می شود که نمونه ها در قلمرو گرانیت های قوسهای آتشفشانی و همزمان با برخورد قرار دارند (شکل ۱۰). اما انتظار می رود یک ماگماتیسم همزمان با برخورد، با دامنه ای از ترکیبات مذاب پوسته ای همراه باشد و در صحران نیز همراهان مافیک اعم از دایکها، انکلاوها و یا پلوتونهای پراکنده یافت نشوند (هاریس و همکاران، ۱۹۹۰) که در منطقه مورد مطالعه، چنین نیست.



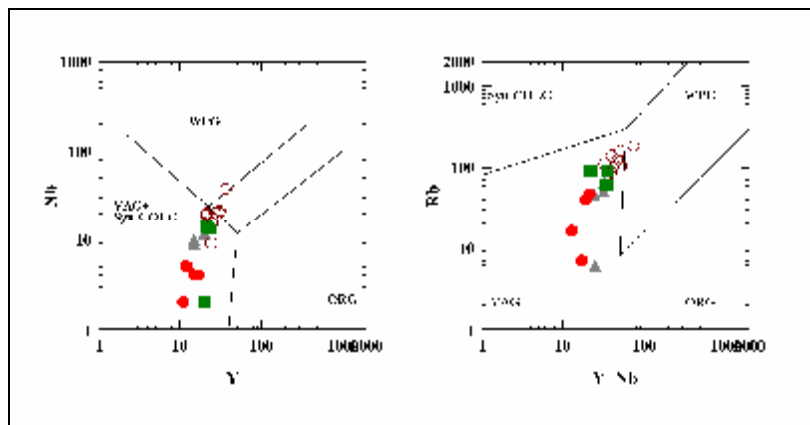


شکل ۹- نمودارهای تغییرات اکسیدهای اصلی در مقابل عناصر کمیاب. این داده‌ها نسبت به ۱۰۰ wt% مجموع اکسید های بدون آب نورمالیزه شده اند. علائم مشابه شکل ۷ است.

نمی‌تواند برای اثبات همزمانی بکار رود (پیرس و همکاران، ۱۹۸۴). لذا نمودار $Rb/Y+Nb$ ، که بطور موثری گرانیت های همزمان با برخورد را از گرانیت های قوس آتشفشانی متمایز می کند، نیز مورد استفاده قرار گرفته است. همان طوری که این نمودار نشان می دهد به استثنا یک نمونه، تمامی نمونه ها در قلمرو گرانیت های قوسهای آتشفشانی واقع شده‌اند (شکل ۱۰)

از طرفی محتوای عناصر Rb و Th در اسیدی‌های قروه بالاست (جدول ۱) و این دقیقاً مشابه گرانیت‌های همزمان با برخورد مناطق چین، تبت و جنوب غرب انگلستان می‌باشد که از گرانیت های تپیک این نوع در دنیا هستند و از محتوای بالای Rb و Th برخوردارند (۲۱۵-۴۸۸ ppm Rb) (پیرس و همکاران، ۱۹۸۴).

بالا بودن Rb از ویژگی‌های خاص گرانیت‌های همزمان با برخورد است اما بالا بودن مقدار Th همیشه



شکل ۱۰- نمودار $Rb/(Y+Nb)$ و نمودار Nb/Y (پیرس و همکاران، ۱۹۸۴). اکثر نمونه های سنگهای تجزیه شده مجموعه مورد مطالعه در هر دو نمودار در قلمرو سنگهای قوس آتشفشانی قرار می گیرند و تعداد اندکی که در قلمرو گرانیتهای در صفحه ای هستند ممکن است ناشی از تفریق یافتگی شدیدتر این سنگها باشد (فورستر و همکاران، ۱۹۹۷). علائم مشابه شکل ۷ است.

پتروژنز

سنگهای گرانیتوئیدی از ماگمای مافیک این مجموعه می باشد. این موضوع با شکاف (گپ) موجود در محتوای SiO_2 در نمودارهای هارکر تایید می گردد.

یکی دیگر از فرایندهای موثر در تشکیل مجموعه های پلوتونیک در محیطهای قوس آتشفشانی مرتبط با فرورانش حاشیه قاره ها، اختلاط ماگمایی است (باربارن، ۱۹۸۸ a).

وجود انکلاوهای دانه ریز، که از نشانه های بارز فرایند مذکور است و در این مجموعه پلوتونیک نیز مشاهده شده می گردد، ممکن است سبب تقویت فرضیه اختلاط ماگمایی، به عنوان یک فرایند موثر در تشکیل نفوذی های مورد مطالعه باشد. اما پراکندگی انکلاوها در پیرامون نفوذی های مافیک، عدم وجود منطقه های

از جدول (۱) و نمودارهای هارکر عناصر اصلی و کیمیا (شکل ۹) مجموعه پلوتونیک قروه روشن است که به سبب کمبود عناصر انتقالی مانند Cr ، Ni و Co در سنگهای مافیک، ماگمای آنها ماگمای مافیک اولیه ای نیست که از مایعات اولیه بازالتی، از منشا گوشته ای سرچشمه گرفته باشند. فراوانی کروم و نیکل در ماگمای بازالتی اولیه گوشته ای به ترتیب $500-600$ ppm و $250-300$ است (ویلسون، ۱۹۸۹)، در حالیکه فراوانی این عناصر ($Cr= 60-316$ ppm $Ni= 30-104$ ppm) در سنگهای مافیک قروه بسیار کمتر می باشد. از طرفی حجم کم این سنگها در مقابل حجم زیاد ماگمای فلسیک، مانع از پذیرش فرایند تبلور تفریقی در تشکیل

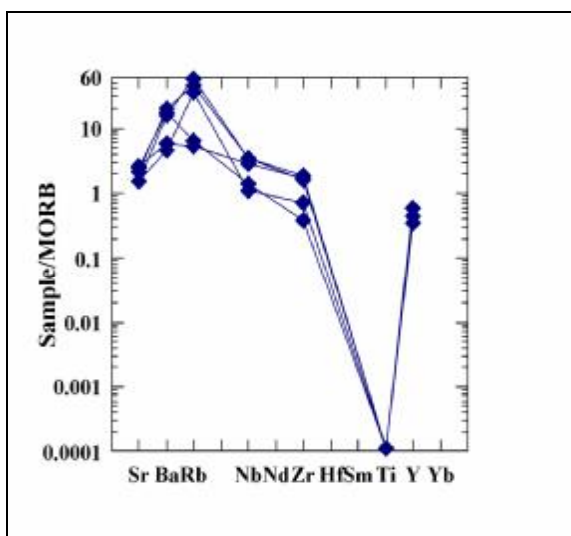
منشائی متفاوت از منشأ ماگمایی‌های اسیدی (گرانیتوئیدها)، در پوسته نفوذ و انجماد حاصل کرده است. ماگمای منشأ این فازهای بازیک، مشتق از ماگماهای گوشته ای بوده است. ماگمای مشتق از گوشته در مناطق فرورانش تحت تاثیر آرایش با مواد پوسته ای از Nb, Sr, Rb, Ba و غنی می شوند (تایلور و مک لنان، ۱۹۸۵) (شکل ۱۱).

بنابراین ماگمای والد سنگهای بازیک این مجموعه بایستی حاصل از ماگمای گوشته ای غنی شده ای باشند که البته در طی صعود به طبقات بالاتر پوسته، کمی دچار تفریق ماگمایی شده و ترکیب آنها به سمت سنگ‌های حد واسط (مونزدیوریت‌ها) تمایل پیدا کرده است.

واکنشی و تدریجی در مرز بین سنگ‌های مافیک و فلیسک و نبود تنوع سنگ شناسی و کانی شناسی در آنها، تاثیر فرایند اختلاط ماگماهای مافیک و اسیدی را رد می کند.

بعلاوه ویژگی‌های ژئوشیمیایی نیز حاکی از آن است که تاثیر این فرایند در ماگماهای مافیک و فلیسک به اندازه ای نبوده است که بتواند ماگمای حد واسطی، با ترکیب و حجم مشخص، ایجاد و شکاف ترکیبی سیلیس در فاصله ۶۸-۵۹ را پر کند.

لذا با توجه به روابط صحرائی، ویژگی‌های پتروگرافی و نتایج داده های ژئوشیمیایی چنین استنتاج می کنیم که احتمالاً ماگمای سازنده سنگ‌های مافیک، با



شکل ۱۱ - نمودار عنکبوتی عناصر کمیاب تعدادی از نمونه های سنگهای فاز مافیک، بهنجار سازی شده نسبت به بازالت پشته های میان اقیانوسی (MORB، داده ها از رولینسون، ۱۹۹۴). که در آن غنی شدگی از عناصر ناسازگار Sr, Nb, Ba کاملاً مشخص می باشد.

تحت تاثیر قرار داده و سبب متاسوماتیسم پتاسیک در آنها گردیده است. فراوانی بیوتیت در سنگهای اخیر، حاکی از

متعاقب نفوذ گابروها در پوسته، ماگمای سازنده سنگهای اسیدی نفوذ کرده اند که بعضاً گابروها را نیز

و ماگما اخیر از یک ماگمای مشتق از گوشته ای نشات گرفته که با مواد پوسته‌ای آغشتگی پیدا کرده است. این ماگمای بازیک ضمن صعود به سطوح بالاتر کمی تفریق نموده و تحت تاثیر نفوذ ماگمای اسیدی، در آن اثرات بارز تبدلات متاسوماتیکی مشاهده می شود.

تشکر

نویسندگان از داوران محترم، هیأت تحریریه و سایر دست اندرکاران مجله کمال سپاس را دارند. از دانشگاه اصفهان نیز به خاطر حمایت‌های مالی، تشکر می‌نمایند.

منابع

- ۱- احمدی خلجی، ا.، پترولوژی توده های گرانیتوئیدی بروجرد، پایان نامه دوره دکتری، دانشگاه تهران، ص. ۱۹۰، ۱۳۸۵.
- ۲- بلورچی، م. ح.، تحقیق سنگ شناسی دگرگونی جنوب شهرستان قروه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۴۱ ص. ۱۳۴۶.
- ۳- ترکیان، اشرف، مطالعه پتروگرافی و پترولوژیکی پگماتیت‌های الوند همدان، پایان نامه فوق‌لیسانس، گرایش پترولوژی، دانشگاه تهران، ۱۷۲ ص. ۱۳۷۴.
- ۴- حریری، ع.، نگرشی بر خاستگاه گروهی از سنگهای دگرگونه گستره قروه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ص. ۱۶۱، ۱۳۷۴.

مهاجرت مواد فرار حاوی عناصر K, OH و Rb از ماگمای اسیدی به سنگهای مافیک می باشد. ایجاد بافتهای نامتعادل در پلاژیوکلازها و تشکیل هورنبلند از دیگر شواهد این فرایند است. گرچه ماگمای اسیدی، گابروهای منجمد شده در پوسته را مورد هجوم قرار داده و در تغییر ترکیب شیمیایی و کانی شناسی آنها موثر واقع شده اند، اما شواهد صحرایی و ژئوشیمیایی مجموعه پلوتونیک قروه نشان می دهند که تبدلات متاسوماتیکی آنقدر گسترده و فراگیر نبوده است که بتواند سنگهایی با محتوای ترکیب سیلیس بین ۵۸-۶۸ را ایجاد نماید.

نتیجه گیری

مجموعه پلوتونیک تیپ I قروه، یک باتولیت بیضی مانند می باشد که به صورت یک برش ماگمایی با طیفی از سنگهای اسیدی تا مافیک در بین سنگهای دگرگونی ناحیه ای با درجه دگرگونی متوسط نفوذ کرده است. مشاهدات صحرایی و ویژگیهای پتروگرافی آنها نشان می دهد که این مجموعه از سنگهای گرانیتی، مونزونیتی، دیوریتی و گابرویی تشکیل شده است. خصوصیات ژئوشیمیایی فازهای مختلف سنگی بیانگر طبیعت متآلومین تا کمی پرآلکالن ماگمای مولد آن و قرارگیری این مجموعه در رده ی گرانیت های قوسهای آتشفشانی مرتبط با فرورانش حاشیه قاره می باشد.

بررسی تغییرات این عناصر حاکی از آن است که ماگماهای مولد سنگ‌های فلسیک و مافیک متفاوت بوده

Sierra Nevada Botholith, California: nature, origin and relations with the hosts," *Lithos*, 80, 155-177; (2005).

15- B., Barbarin, "Field evidence for successive mixing and mingling between the Piolard diorite and the Saint-Julien -la -Vetre Monzogranite(Nord-Fotez, Massif Central, France)", *Can. J. Earth Sci.*, 25, 49-59; (1988a).

16- M., Berberian, & G.C.P., King, "Toward a paleogeography and tectonic evolution of Iran", *Canadian Journal of Earth Science* 18, 10-265; (1981).

17- F., Berberian, & M., Berberian, "Tectono-plutonic episodes in Iran", *Geol. Surv. Iran*, 52, 565-592; (1981).

18- H., Bellon, & J., Broud,"Donnes nouvelles sur le domaine metamorphique du Zagros(zone de Sanandaj-Sirjan) au niveau de Kermanshah- Hamadan(Iran), Nature, age et interpretation des series metamorphiques et des intrusions, evolution structural "Fac, Sci. d Orsay, Paris, 14; (1975).

19- P., Bowden, R.A., Batchlor, B.W., Chappell, J., Didier, & J., Lameyre," Petrological, geochemical and source criteria for the classification of granitic rocks: a discussion", *Physics of the Earth Planetary Interiors*, 35, 1-11; (1984).

20- A., Castro, & W.E., Stephens, "Amphibole-rich polycrystalline clots in calc-alkaline granitic rocks and their enclaves", *Canadian Mineralogist*, 30, 1093-1112; (1992).

۵- حسینی، م.، شرح نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰: ۱ چهار گوش قروه(پیوست نقشه)، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۶.

۶- حلمی، ف. و حسینی، م.، ویژگی های دگرگونی دینامیک و زمین شناسی گستره قروه، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ص، ۹۹، ۱۳۷۶.

۷- درویش زاده، ع.، زمین شناسی ایران، انتشارات ندا، تهران، ۱۳۷۰. ص ۸۹۰.

۸- زاهدی، مصطفی، شرح نقشه زمین شناسی چهارگوش سنندج،(۱:۲۵۰۰۰۰). ص. ۷۰. ۱۳۶۹.

۹- سپاهی گرو، ع.ا.، پترولوژی مجموعه پلوتونیک الوند، پایان نامه دکتری، دانشگاه تربیت معلم، ص. ۲۰۰. ۱۳۷۸.

۱۰- سنگ قلعه، ر.، پترولوژی سنگهای آذرین جنوب قلعه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ص، ۱۵۶، ۱۳۷۴.

۱۱- عمیدی، م. سنگ شناسی آذرین جنوب شهرستان قروه، پایان نامه کارشناسی ارشد، ص. ۳۵. ۱۳۴۶.

۱۲- قلمقاش، ج.، پترولوژی سنگهای نفوذی منطقه ارومیه- اشنویه و ساز و کار جایگیری آنها، پایان نامه دوره دکتری، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی. ۱۳۸۱.

۱۳- نبوی، م. ح.، دیباچه ای بر زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۵۵. ص. ۱۳۵.

۱۴- ولی زاده، م.و. و ترکیان، ا. مطالعه پتروگرافی و پترولوژیکی پگماتیت های منطقه همدان، مجله علوم دانشگاه تهران، شماره ۲، ۱۲۱-۱۳۵، ۱۳۷۸.

14- B., Barbarin, "Mafic magmatic enclaves and mafic rocks associated with some granitoids of the Central

- 29- A., Miyashiro, Nature of alkalic volcanic rock series, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 66, 91-104; (1978).
- 30- M., Mohajjel, & C.L., Fergusson, "Dextral transpression in Late Cretaceous continental collision, Sanandaj-Sirjan Zone, western Iran", *J. Struct. Geol.* 22, 1125-1139; (2000).
- 31- M., Mohajjel, C.L., Fergusson, & M.R., Sahandi, "Cretaceous- Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj-Sirjan Zone, western Iran", *J. Asian Earth Sciences*, 21, 397-412; (2003).
- 32- J.A., Pearce, B.W.H., Harris, & A.G., Tindie, "Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks", *J. Petrology*, Vol. 25, 956-983; (1984).
- 33- G.E., Poli, & S., Tommasini, "Model for the origin and significance of microgranular enclaves in calc-alkaline granitoids", *J. Petrology*, 32(3), 657-666; (1991).
- 34- L.E., Ricou, "Tethys reconstructed: plates, continental fragments and their boundaries since 260 Ma from Central America to South-eastern Asia", *Geodinamica Acta*(Paris), 7(4), 169-218; (1994).
- 35- H.R., Rollinson, "Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation", Longman, New York; (1994).
- 36- M., Sabzehei, "Les mélanges ophiolitiques de la région d'Esfandagheh(Iran méridional). Etude pétrographique et structurale", *Thèse Doct. Etat, Univ. Grenoble*, 306; (1974).
- 21- B.W., Chappell, & A.J.R., White, "Two contrasting granite types", *Pac. Geol.*, 8, 173-174; (1974).
- 22- W.J., Collins, S.D., Beams, A.J.R., White, & B.M., Chappell, "Nature and origin of A-type granites with particular reference to southeastern Australia", *Contrib. Mineral. Petrol.*, 80, 189-200; (1982).
- 23- J., Didier, "Granites and their enclaves, the bearing of enclaves on the origin of granites", *Developments in petrology*, Vol. 3, Elsevier, Amsterdam; (1973).
- 24- J., Didier, B., Barbarin, (2th Eds.), "Enclaves and granite petrology", *Developments in petrology*. Elsevier, Amsterdam; (1991).
- 25- R.S., D' Lemos, "Mixing between granitic and dioritic crystal mushes, Guernesey, Channel Islands", *UK, Lithos*, 38, 233-257; (1996).
- 26- N.B.W., Harris, S., Inger, & R., Xu, "Cretaceous plutonism in Central Tibet: an example of post-collision magmatism?" *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 44, 21-32; (1990).
- 27- T.N., Irvine, & W.R.A., Baragar, "A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks", *Can. J. Earth Sci.*, 8, 523-548; (1971).
- 28- R., Maas, I.A., Nicholls, & C., Legg, "Igneous and metamorphic enclaves in the S-type Deddick granodiorite, Lachlan Fold Belt, SE Australia: petrographic, geochemical and Nd-Sr isotopic evidence for crustal melting and magma mixing", *J. petrology* 38(7), 815-841; (1997).

- 42- S.R., Taylor, & S.M., McLennan, "The continental Crust: Its composition and evolutions", Blackwell, Oxford, 270; (1985).
- 43- M.V., Valizadeh, & J.M., Cantagrel, "Premières données radiométriques(K-Ar et Rb-Sr) Sur Les micas du Complexe magmatique du Mont Alvand, près Hamadan(Iran Occidental)", C.R.A. S. Paris, Série D, 1083-1086; (1975).
- 44- E.B., Watson, & S.R., Jurewicz, "Behavior of alkalis during diffusive interaction of granitic xenoliths with basalt magma", J. Geol., 92, 121-132; (1984).
- 45- M., Wilson, "Igneous petrogenesis: A global tectonic approach", London, Unwin Hyman; (1989).
- 46- J., Wyllie, Peter "Sources of granitoid magmas at convergent plate boundaries", Physics of the Earth and Planetary Interiors, 35, 12-18; (1984).
- 47- M.Y., Zorpi, C., Coulon, & J.B., Orsini, "Hybridization between felsic mafic magmas in calc-alkaline granitoids: a case study in northern Sardinia, Italy", Chemical Geology, 92(1-3), 45-86; (1991).
- 37- A.M.C., Sengor, "The Cimmeride orogenic system and tectonics of Eurasia", Geol. Soc. America, Spec. paper, 195; (1984).
- 38- A.M.C., Sengor, & B.A., Natalin, "Paleotectonics of Asia: fragments of a synthesis", In: Yin, A. & Harrison, T.M.(EDS.): The tectonic evolution of Asia, Cambridge University Press, Cambridge, 486-640; (1996).
- 39- A.N., Sial, V.P., Ferreira, A.E., Fallick, & M.J.M., Cruz, Amphibole-rich clots in calc-alkalic granitoids in the Borborema province, northeastern Brazil. J. South American Earth Sciences, Vol. 11, No.5, 457-471; (1998).
- 40- J., Stocklin, "Structural history and tectonics of Iran; A review ", American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 52(7), 1229-1258; (1968).
- 41- J., Tarney, & A.D., Saunders, "Trace element constraints on the origin of Cordilleran batholiths In: M.P., Atherton, J., Tarney, Origin of granitic batholiths, geochemical evidence. Shiva publishing limited, UK, 90-105; (1998).